

# Trabajo Fin de Grado

Gestión de proyectos: Reparación de fachada y  
pintura de un edificio

Autor

Alberto Cervera Artal

Director

Lucía Isabel García

Facultad de Economía y empresa  
2017-2018

Este trabajo de fin de grados es una memoria sobre el proyecto de la reparación de una fachada, se analizan dos formas de proceder ante el mismo de objetivo dejar la fachada como nueva. Se realizan análisis PERT y financieros para que los vecinos puedan tomar una decisión en función de sus preferencias.

This final dissertation is a memoir about the facade's reparation project. Two ways to proceed are analyzed before the same goal of letting the facade brand new. PERT analysis are made and also financial ones, so neighbours were able to take a decision based on their preferences.

## **INDICE**

1. INTRODUCCIÓN. Pág. 4
2. EXPLICACIÓN DEL PROYECTO. Pág. 4
  - 2.1. Andamiaje y anclajes para trabajos verticales. Pág. 4
  - 2.2. Reparación de fachada. Pág. 5
  - 2.3. Reforjado de balcones en las esquinas inferiores. Pág. 5
  - 2.4. Impermeabilización de fachada. Pág. 5
  - 2.5. Limpieza de fachada. Pág. 6
  - 2.6. Pintura. Pág. 6
  - 2.7. Desarrollo por fachadas. Pág. 6
  - 2.8. Presupuesto. Pág. 8
3. GESTIÓN DEL PROYECTO. Pág. 9
  - 3.1. PERT. Pág. 12
4. LA ALTERNATIVA EL SISTEMA SATE. Pág. 17
  - 4.1. Desarrollo de la alternativa. Pág. 18
    - 4.1.1. Andamiaje. Pág. 18
    - 4.1.2. Adhesivo y aislante. Pág. 18
    - 4.1.3. Perfiles. Pág. 19
    - 4.1.4. El anclaje mecánico. Pág. 19
    - 4.1.5. Capa base, malla y mortero de refuerzo. Pág. 20
    - 4.1.6. Mortero adhesivo, imprimación y capa de acabado. Pág. 20
    - 4.1.7. Reforjado de balcones. Pág. 20
  - 4.2. Presupuesto. Pág. 20
  - 4.3. Análisis PERT de la alternativa. Pág. 21
  - 4.4. Financiación del proyecto. Pág. 24
5. CONCLUSIONES. Pág. 26
6. BIBLIOGRAFÍA. Pág. 27

## 1.- INTRODUCCIÓN

El proyecto de reparación de fachada y pintura surge a raíz de que una comunidad de vecinos del municipio de Zaragoza del barrio de las Delicias, que ha visto fisuras en la fachada de su edificio. El administrador de la finca ha contactado con un ingeniero y un arquitecto, necesarios para desarrollar el estudio del proyecto, en el que analizarán y evaluarán el edificio y sus partes a reparar, para marcar las pautas a seguir en su reparación, materiales necesarios y alternativas más complejas como el sistema SATE para reducir el gasto en energía para aclimatar las viviendas. Para ello presentaran varios presupuestos.

El proyecto consiste en reparar la fachada del edificio ya que han salido grietas en esta. Además la pintura se ha visto afectada por el envejecimiento y las inclemencias del tiempo con lo que la pintura se ha ennegrecido afectando todo ello a la estética exterior del edificio.

El análisis a simple vista solo muestra grietas en la monocapa (es una capa de mortero que cubre la fachada evitando dejar el ladrillo a la vista) por lo que no se conoce el daño de dichas grietas en la estructura, en cuanto a la pintura consiste en quitar la capa de pintura dañada que también afecta solo a la monocapa y sustituirla por una capa nueva de pintura usando una pintura especial que evite futuros deterioros de esta. El trabajo se desarrollara de la siguiente forma, empezará con una explicación de las fases del proyecto, seguido de su análisis PERT y por último el estudio de una alternativa al proyecto inicial.

## 2.- EXPLICACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto tiene dos etapas principalmente, la primera consiste en reparar la fachada, que es el objetivo principal. Luego hay que limpiar la zona y aplicar la pintura a todas las reparaciones y a las zonas deterioradas esta es la segunda parte del proyecto la de la pintura, esta parte del tema pintura es estético y unificador ya que conseguirá que no haya diferencia entre las zonas de reparadas y las que no han necesitado reparación. En los presupuestos se ha estimado el espacio que ocupan las reparaciones y la cantidad, ya que es imposible conocer exactamente todas las grietas y su longitud, así que el espacio en  $m^2$  se estima en  $840,5 m^2$ .

### *2.1.-Andamiaje y anclajes para trabajos verticales*

Los andamios van a ser muy importantes en este proyecto ya que van a marcar el ritmo. Los andamios son estructuras temporales que sirven para poder trabajar en la fachada a su misma altura. Los anclajes se colocaran en la azotea, su función es la de sostener el peso de los operarios que con cuerdas de escalada trabajan en la fachada, tanto los andamios como los anclajes para los trabajos verticales son medidas de seguridad que recibirán inspección periódica y esenciales para el buen funcionamiento de la obra.

Los andamios serán eléctricos y se estudia la opción de utilizar dos andamios eléctricos, bimástil de 30 metros de ancho o tres andamios eléctricos monomástil de 15 metros de ancho. Esta elección depende de las tareas que se tengan que realizar y su velocidad. Utilizar tres andamios supone un coste de 42.825€ menor que utilizar 2 andamios y permite tener andamios para las actividades de forma que se repartan en picado de la

fachada, reparación con malla y relleno del hueco y por ultimo limpieza y pintado de la fachada, un andamio por proceso, abarcando así 45 metros de distancia que seria desventaja. En cambio utilizando 2 andamios la distancia cubierta es de 60 metros, pero las actividades se reparten de forma difícil, y en cuanto a coste esta algo similar 44.167€



Monomástil



Bimástil

### ***2.2.- Reparación de fachada***

La reparación de la grieta consiste en picar alrededor de la grieta 50cm hasta ver el ladrillo y ver que no hay más daños en el edificio, también se debe picar el monocapa de 20cm alrededor del surco de 50cm ya picado.

Posteriormente se aplica una capa de látex al surco de 50cm que sirve para unificar y consolidar los materiales nuevos en la fachada y los viejos, seguido de un mortero que rellene el hueco y quedando relleno el hueco de 50cm que dejaba ver el ladrillo.

Para finalizar esta parte de la reparación consiste en poner una malla de fibra de vidrio en los 70cm de la grieta para que las tensiones del cemento se repartan sobre esta, se aplica un mortero de fachada similar al que tiene el resto del edificio. Este es el proceso para reparar todas las grietas de la fachada.

### ***2.3.- Reforzado de balcones interiores en las esquinas inferiores.***

Las esquinas inferiores de algunos balcones están deterioradas por el paso del tiempo, los principales desperfectos que muestran son filtraciones de agua que provoca la corrosión del hierro. Todo ello con trabajos verticales que son los que se realizan colgados de la cornisa con cuerdas de escalada, todos los trabajos verticales se realizan en los patios interiores donde no se pueden colocar andamios tan fácilmente.

### ***2.4.- Impermeabilización de aleros***

La impermeabilización consiste en aplicar un producto a la zona afectada por las filtraciones de agua. El proceso consiste en picar la zona afectada, aplicar una capa de polímero plástico en frío de alta resistencia llamado Ecoproof. Una vez aplicado el

producto se hace una prueba de filtraciones y se aplica el mortero para dejar un acabado como el original.

### ***2.5.- Limpieza de fachada***

La limpieza de la fachada es importante ya que antes de pintar la fachada hay que eliminar todas las algas, moho, suciedad y manchas del monocapa, además la pintura nueva se fijará mejor si la superficie está limpia, evitando así que la nueva capa de pintura se vea afectada de inmediato por las afecciones antes mencionadas según explicaciones de los directores de obra Miguel Cervera Monzó y Joaquín Muñoz Sola. Este proceso de limpiado se realiza con una pistola a presión para agilizar el proceso.

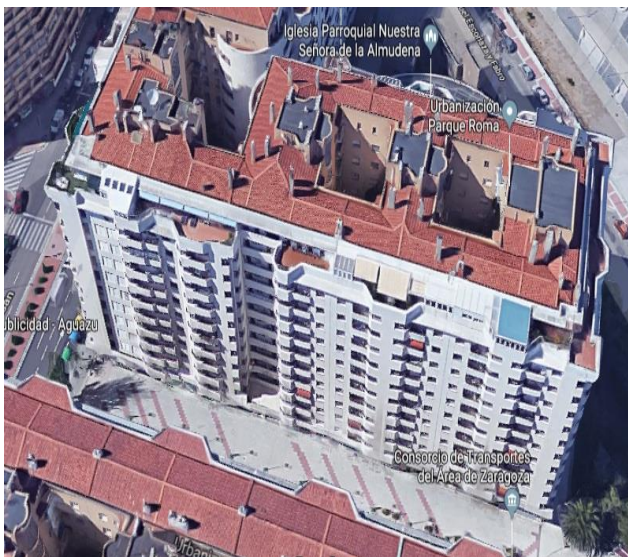
### ***2.6.-Pintura***

La pintura elegida por la comunidad es una pintura acrílica foto-reticulada que es más barata que la refractaria que refleja los rayos infrarrojos del sol y reduce la entrada de calor en verano. La pintura acrílica foto-reticulada tiene impermeabilidad al agua, es transpirable, gran elasticidad, resistente al envejecimiento (no se cuartea ni fisura) y protege de los rayos uva como principal características.

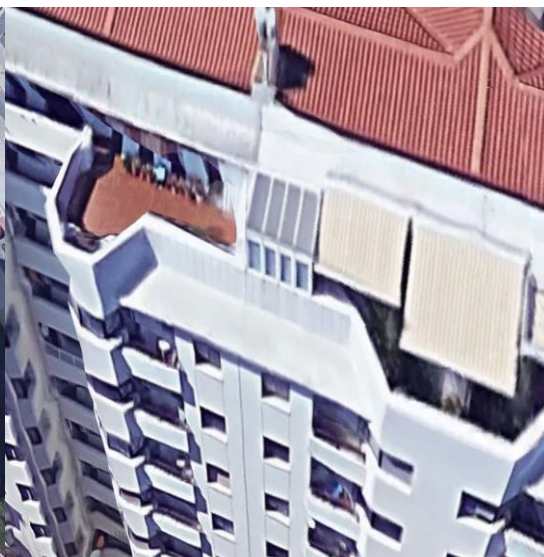
Este proceso consiste en aplicarle una capa imprimación y posteriormente la capa nueva de pintura a toda la fachada contando también los balcones y los techos de estos. Lo que supone cubrir 6.780 m<sup>2</sup>.

### ***2.7.-Desarrollo por fachada***

La fachada sur es la más larga en la cual se repararan las grietas de la fachada, se limpiara la fachada entera y se pintara la fachada entera incluido los techos de los balcones/terrazas. Los vuelos de forjado de la última planta se impermeabilizaran. Longitud de 83,5 a 84 metros.



Fachada sur



Vuelos de forjado

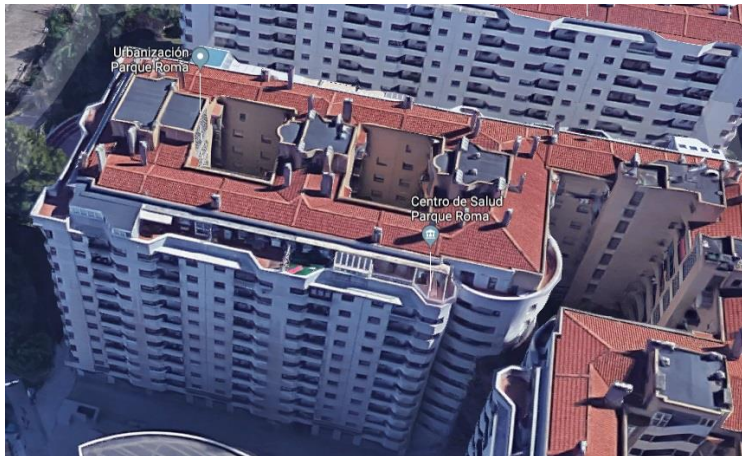


La fachada Este igual que la Oeste es la menos extensa y también se procederá a la reparación de todas las grietas de la fachada, limpiado y pintado de la misma, incluyendo también los techos de los balcones/terrazas y la impermeabilización de los vuelos del último piso. Tiene una longitud de 30 metros



Fachada Este

La fachada Norte tendrá el mismo proceso de reparación y pintado de la fachada e impermeabilización de los vuelos. La zona redondeada de la derecha también cuenta como fachada Norte. En total tiene una longitud de 70 a 70,5 metros.



Fachada Norte

Los patios interiores también tienen fachada pero son de ladrillo a la vista así que la única operación que se realizara será la reparación del forjado de los balcones interiores, lo que viene siendo reparar los cantos de los balcones que es la parte mas deteriorada. Esta comunidad de vecinos cuenta con dos patios interiores, como se muestra en la vista cenital.



Vista Cenital

## 2.8.-Presupuesto

El presupuesto que incurre en menor coste supone 216.471,31€ sin IVA. El tiempo estimado de todo el proyecto es desconocido, como principales problemas son la meteorología adversa o que la fachada este en un estado peor del que aparenta y tengan que cambiar el proceso de reparación.

Las partidas del presupuesto son las siguientes:

- Andamio de paso: 1.150€ es un andamio que protege a los usuarios de vía pública.
- Instalación para trabajos verticales: 880€ instalación y desinstalación de puntos de anclaje con forme a la normativa vigente.
- Andamio eléctrico de cremallera: 42.825€
- Repicado de la fachada: 9.791€ = 840.5 m\*11.65€
- Reparación monocapa: 31.619,61€ = 840.5m\*37.62€ consiste en aplicar una imprimación, primera capa, maya de fibra, segunda capa y terminación.
- Pintura de fachada: 77.287.50€ = 6870 m<sup>2</sup> \*11.25€
- Impermeabilización: 20.069,80€ = 230m \* 87,26€
- Reparación de balcones: 7.084,80€
- Pintura de techos de balcón y acondicionamiento: 22.853,60€ = 196u.d.\*116,60€
- Gestión de residuos: 1.390€
- Seguridad y salud: 1.520€

Una vez mostrado el primer presupuesto, ya se puede concretar que la mejor opción para los andamios es elegir 3 andamios monomástil de 15 metros ya que la fachada es irregular y estos al ser más cortos encajan mejor en la fachada, y el proceso de solapar trabajos es más sencillo como se ha explicado en el apartado 2.1. Andamiaje hay 3 actividades principales un andamio para cada actividad, picado de la fachada, reparación con malla y rellenado del hueco y por ultimo limpieza y pintado de la fachada. Así las actividades se pueden ir solapando mejor y reducir el tiempo del proyecto.

El otro presupuesto consta de las mismas partidas pero con diferente precio, debido principalmente al precio de los materiales y a las estimaciones realizadas que quizá son más pesimistas que el presupuesto inicial.

- Andamio de paso: 1.150€ es un andamio que protege a los usuarios de vía pública.
- Instalación para trabajos verticales: 900€ instalación y desinstalación de puntos de anclaje con forme a la normativa vigente.
- Andamio eléctrico de cremallera: 47.825€ ( también 3 andamios)
- Repicado de la fachada: 13.910,7€ = 890 m\*15.63€
- Reparación monocapa: 38.510,30€ = 890m\*43.27€ consiste en aplicar una imprimación, primera capa, malla de fibra, segunda capa y terminación.
- Pintura de fachada: 77.287.50€ = 6870 m<sup>2</sup> \*11.25€ (usan la misma pintura)
- Impermeabilización: 14.920,10€ = 230m \* 64,87€
- Reparación de balcones: 8.160,80€
- Pintura de techos de balcón y acondicionamiento: 22.853,60€ = 196u.d.\*116,60€
- Gestión de residuos: 1.390€
- Seguridad y salud: 1.520€



El total de este presupuesto asciende a 228.428€ sin IVA es mayor que el anterior por los metros que considera reparar y los precios de picado, reparación del monocapa y reparación de balcones. Por el contrario se ahorran dinero en la partida de impermeabilización ya que este producto es más barato. Como conclusión la comunidad de vecinos elegiría la opción más barata, el primer presupuesto, así que a partir de ahora hablaremos del primer presupuesto y realizaremos su análisis.

Otra partida fuera de presupuesto es la licencia de obras, que hay de dos tipos, licencia de obra mayor y licencia de obra menor.

- Obra mayor. Según el ayuntamiento de Zaragoza y lo publicado en su página web mencionada en la bibliografía la descripción de obra mayor es la siguiente. Trámite modificado el **07.09.2011** por la entrada **en vigor** de la *Ordenanza Medios de Intervención en la Actividad Urbanística (MIAU)*. Son obras mayores de carácter estructural, cuya finalidad es afianzar, reformar o restituir elementos dañados de la estructura portante del edificio, para asegurar su estabilidad y mantener sus condiciones básicas de uso, con posibles alteraciones menores de su estructura o su distribución.
- Obra menor. Según el Ayuntamiento de Zaragoza y con lo establecido en el artículo **70.1 de la ley 30/1992** del 23 de noviembre del Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común. Están sujetas a emitir licencia de obra menor las obras caracterizadas por su sencillez económica, técnica y capacidad constructiva. Además uno de los requisitos es la no colocación de andamios.

La idea para no tener que pedir licencia de obra mayor es pedir dos licencias de obras menores ya que las fachadas afectan a 4 escaleras de vecinos, reduciendo así el presupuesto por escalera cumpliendo la mayoría de las características de obra menor, evitando también tener que formular un proyecto que es costoso en tiempo y tener que pagar. Pero no es seguro que concedan las licencias. En teoría para calcular la cuota de las licencias del presupuesto hay que descontar el coste de los andamios y su montaje, la instalación de trabajos verticales, la partida de gestión de residuos y por último la de seguridad y salud. Así solo quedan las partidas materiales. Como se van a pedir 2 licencias el presupuesto también se dividirá en dos partes una inicial de 74.961,79€ y otra 93.754,35€. Con estos supuestos y lo explicado anteriormente sobre la ley de obras menores se espera que concedan las dos licencias de obras menores.

### 3.- GESTIÓN DEL PROYECTO

Una vez elegido el presupuesto lo segundo más importante es el tiempo, el tiempo de los procesos, el tiempo global y el solapamiento de actividades. Para ello analizaremos el proyecto con un análisis PERT. Según el libro de Heizer & Render (2009) *Principios de administración de operaciones*, Pearson Education, Mexico. El PERT es una técnica de evaluación y revisión de programas, emplea tres asignaciones

de tiempo por actividad, optimista, pesimista y la más probable. Este análisis fue desarrollado por la Marina de los Estados Unidos de América en 1958

Los pasos a seguir según el libro antes mencionado de Heizer & Render para realizar el análisis son seis

1. Definir proyecto y desglosar el trabajo.
2. Desarrollar la relación entre las actividades.
3. Dibujar la red que conecta todas las actividades.
4. Asignación de estimaciones en tiempo de cada actividad.
5. Calcular el tiempo de la ruta más larga a través de la red. Ruta crítica.
6. Usar la red como ayuda para planear, programar, supervisar y controlar el proyecto.

Ya está definido el proyecto junto con su coste y el desarrollo de la relación de actividades así que hay que realizar los cálculos del tiempo estimado, desviaciones, mostrar el esquema con la ruta crítica y plantear posibles mejoras junto con las conclusiones.

Para realizar el esquema del proyecto hay que decidir una de las dos formatos diferentes que son AEN (actividades en los nodos) y AEF (actividades en las flechas). Según Heizer & Render, la diferencia básica entre AEN y AEF es que en el AEN los nodos representan las actividades en si y que en el AEF las actividades están representadas en las flechas, mientras que los nodos marcan el inicio y el fin de la actividad. El formato AEN es el más utilizado ya que la mayoría de software lo utiliza. Aunque la información es la misma tanto en el AEN como en el AEF, personalmente prefiero el método AEN y creo que la información se ve más clara.

Por esas razones utilizaré la técnica AEN para realizar el esquema de este proyecto. Para este formato de análisis PERT se necesita el orden de las actividades y su relación y los tres tiempos para calcular su tiempo estimado y las varianzas que estas actividades puedan tener.

La relación de dependencia consiste en que los andamios y anclajes son medidas para poder trabajar y de seguridad por eso es la primera actividad a desarrollar, a raíz de eso ya pueden ir desarrollando las siguientes actividades. Las actividades como B, C, F y G están divididas por fachadas para que se muestre bien la relación entre el final y el inicio de la siguiente actividad. La idea es que no se puede empezar a picar una cara de la fachada sin terminar la otra, porque el andamio de picar está ocupado en esa fachada. Lo mismo ocurre con la aplicación de malla y relleno, como con la limpieza de la fachada y el pintado.

Una vez explicada esta premisa de que hay que terminar una fachada para empezar la siguiente, lo mismo pasa con el proceso lógico del proyecto, las actividades Bn siempre ira antes que Cn que a su vez ira antes que las actividades Fn, que también ira antes que Gn, siendo n el número que indica la fachada que se está relacionando. Las actividades D y E solo tienen de precedente la actividad A independientemente de la parte de la fachada que se esté realizando y por eso cuando terminan esas actividades directamente van al final del proyecto.

Tabla 3.0

Actividad	Descripción	Precedente
A	Montar los andamios y anclajes de trabajo vertical	-
B1	Picado de la fachada sur	A
B2	Picado de la fachada este	B1
B3	Picado de la fachada norte	B2
B4	Picado de la fachada oeste	B3
C1	Aplicación malla y mortero fachada sur	B1
C2	Aplicación malla y mortero fachada este	B2,C1
C3	Aplicación malla y mortero fachada norte	B3,C2
C4	Aplicación malla y mortero fachada oeste	B4,C3
D	Reparación de balcones con trabajos verticales	A
E	Impermeabilización de aleros	A
F1	Limpieza de fachada sur	C1
F2	Limpieza de fachada este	C2,F1
F3	Limpieza de fachada norte	C3,F2
F4	Limpieza de fachada oeste	C4,F3
G1	Pintura fachada sur	F1
G2	Pintura fachada este	F2,G1
G3	Pintura fachada norte	F3,G2
G4	Pintura fachada oeste	F4,G3

Este esquema muestra la relación entre las actividades de una forma lineal, tiene un inicio y un fin, por el camino marcado por las flechas muestra el orden de las actividades o nodos. En el nodo aparece más información de la que se espera a primera vista.

En los nodos aparece la siguiente información. La letra que indica la actividad que es y el tiempo medio de la actividad (en relación con la tabla 3.0.) En los laterales aparecerán números que serán tiempos. IC es el inicio más cercano, TC es la terminación más cercana, IL es el inicio más lejano y TL es la terminación más lejano. Además debajo de la letra parecerá el tiempo de duración de la actividad.

<b>IC</b>	LETRA DE LA ACTIVIDAD	<b>TC</b>
<b>IL</b>	TIEMPO DE LA ACTIVIDAD	<b>TL</b>

El esquema cuenta el tiempo total del proceso desde el inicio hasta el final (IC y TC) y luego se calculan los tiempos al revés desde el final hasta el principio (IL y TL) con estas dos cuentas calcularemos la ruta crítica del proyecto que es el conjunto de actividades que no pueden retrasarse ya que si estas se retrasan, se retrasará todo el proyecto y dicho retraso generara gastos extra y posibles penalizaciones económicas.

La ruta crítica son las actividades cuya diferencia entre TC y TL es cero. El término opuesto es la holgura, que indica cuanto tiempo se puede retrasar una actividad que no esté en la ruta crítica sin que afecte al tiempo de finalización del proyecto. La holgura es una información que no aparece en el nodo pero si en el esquema cerca de cada actividad.

### 3.1.- PERT

Para realizar el PERT se necesitan los tiempos de las actividades y según el método AEN son necesarios tres tiempos, optimista, pesimista y más probable para calcular el tiempo medio y la varianza tiempos estimados por el ingeniero técnico industrial Miguel Cervera Monzó y el arquitecto técnico Joaquín Muñoz Sola directores de la obra (como se muestra en la tabla 3.1)

$$\text{Tiempo medio} = \frac{(\text{optimista} + 4 * \text{mas probable} + \text{pesimista})}{6}$$

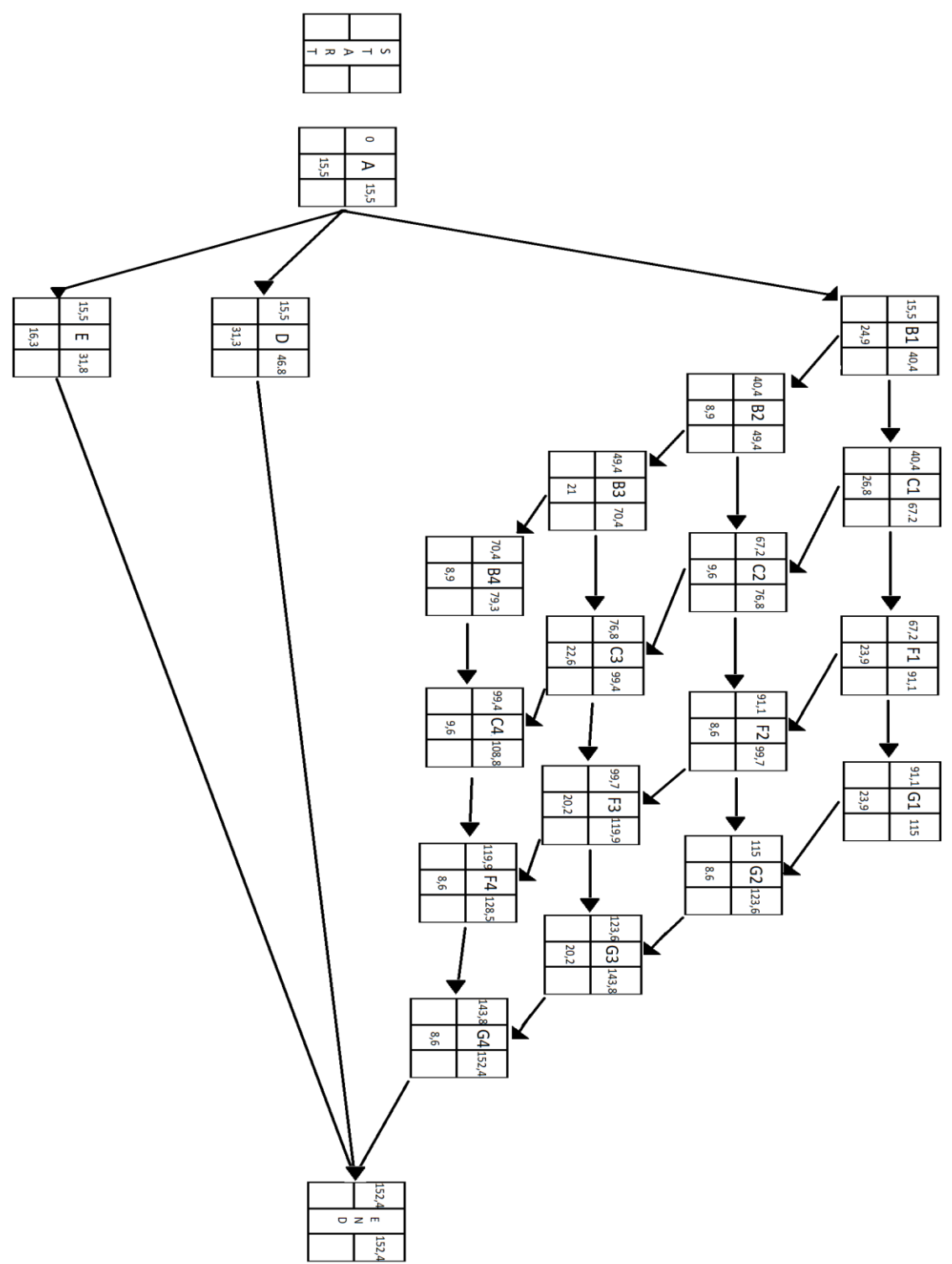
$$\text{Varianza} = \frac{(\text{pesimista} - \text{optimista})^2}{6^2}$$

Tabla 3.1. En días por actividad.

Actividad	OPTIMISTA	MAS PROBABLE	PESIMISTA	media	varianza
A	13,5	15,0	19,5	15,5	1,0
B1	20,5	23,4	35,1	24,9	5,9
B2	7,4	8,4	12,6	8,9	0,8
B3	17,3	19,8	29,6	21,0	4,2
B4	7,4	8,4	12,6	8,9	0,8
C1	20,5	23,4	46,8	26,8	19,3
C2	7,4	8,4	16,8	9,6	2,5
C3	17,3	19,8	39,5	22,6	13,7
C4	7,4	8,4	16,8	9,6	2,5
D	22,5	30,0	45,0	31,3	14,1
E	7,5	15,0	30,0	16,3	14,1
F1	17,6	23,4	32,2	23,9	5,9
F2	6,3	8,4	11,6	8,6	0,8
F3	14,8	19,8	27,2	20,2	4,2
F4	6,3	8,4	11,6	8,6	0,8
G1	20,5	23,4	29,3	23,9	2,1
G2	7,4	8,4	10,5	8,6	0,3
G3	17,3	19,8	24,7	20,2	1,5
G4	7,4	8,4	10,5	8,6	0,3
TOTAL	246	300	462	318	

Según la tabla 3.1. la duración de la reparación de la fachada dura siendo optimista 246 días o 8.2 meses, lo más probable es que dura 10 meses o 300 días, siendo pesimista durará más de un año siendo la duración de 462 días o 15.4 meses y el tiempo medio de todo el proyecto son 318 días o 10,6 meses. Estos datos nos muestran el tiempo del proyecto si se realizasen las actividades una detrás de otra, pero hay actividades que se pueden hacer simultáneamente con lo que estas duraciones pueden ser menores como nos va a mostrar el análisis PERT.

imagen.3.1.



A continuación se muestra la primera pasada al análisis PERT del proyecto, que corresponde a las datos IC y TC (explicación del nodo) así veremos cuál es el verdadero tiempo del proyecto en su conjunto.

Con las actividades que pueden realizar simultáneamente vemos que al finalizar la actividad G4 la terminación más cercana (TC) es de 152,4 días o 5,08 meses lo que son casi la mitad de días menos del tiempo total medio de la tabla 3.1. Resultado de poder realizar a la vez las actividades. También se puede ver como se relacionan las actividades B, C, F y G que se racionan como se ha explicado previamente por orden de fachada y por orden lógico de las actividades.

En cuanto a la varianza de esta primera pasada se puede comentar que todo el proyecto puede llegar a retrasar, si hubiese muchos problemas meteorológicos que impidiesen trabajar como fuertes vientos que impedirían utilizar los andamios o lluvias frecuentes que no dejaría secar bien el mortero o la pintura, hubiese problemas con los materiales del estilo que se retrasara la entrega de estos o que enviasen un material incorrecto o hubiese más grietas a reparar de las que se estimaron la reparación. Para ello está la varianza que nos indicara cuanto tiempo se estima que se podrían retrasar las actividades. La varianza total del proyecto es la suma de las varianzas de la ruta crítica como explican Heinzer & Barry en su libro.

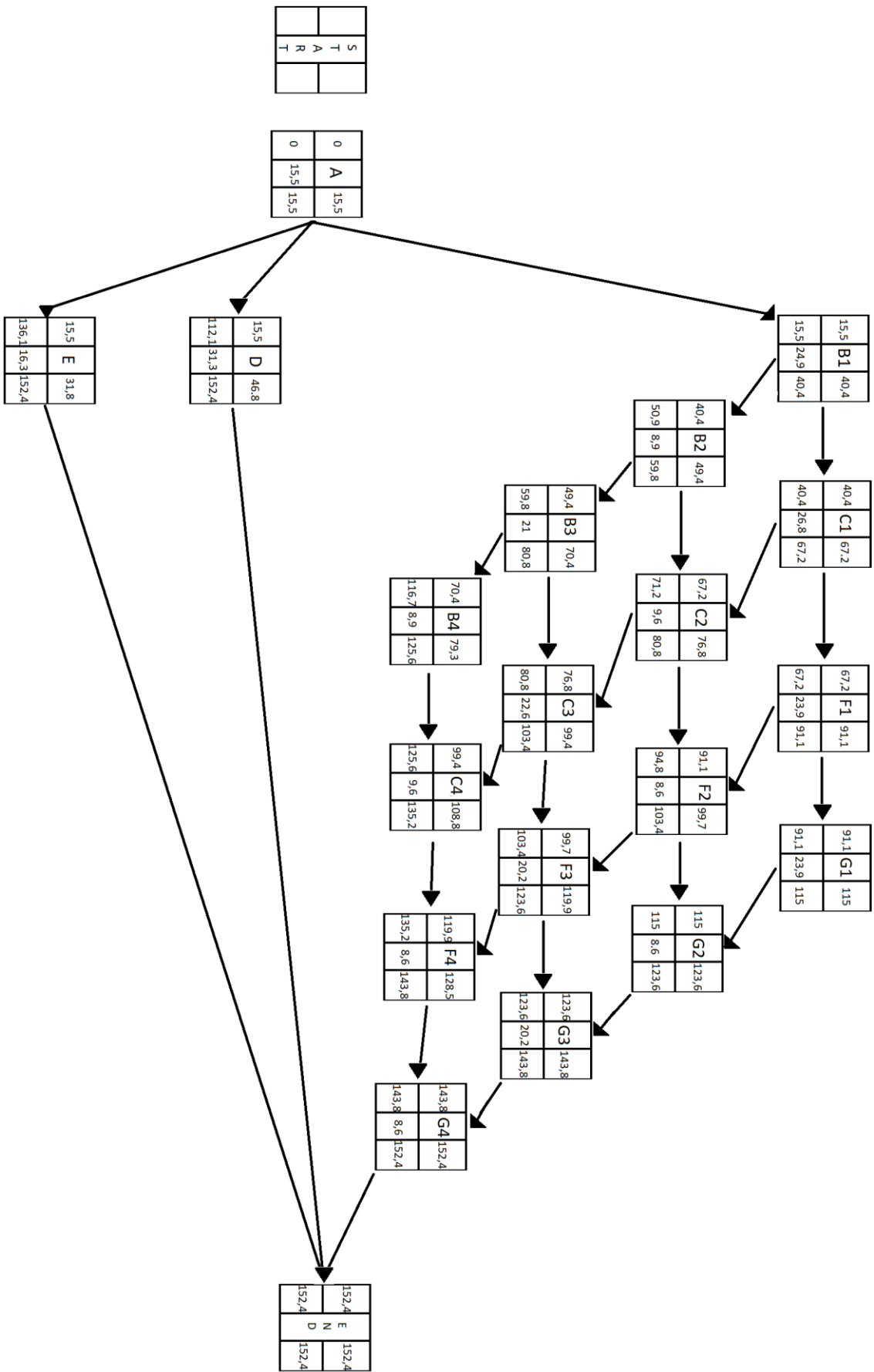
A continuación (en la imagen PERT 3.2.) mostraremos la segunda pasada que va del final al principio, empezando por 152,4 días y se restara el tiempo de las actividades. Según Heinzer & Barry en la pasada hacia atrás cuando dos nodos tienen una actividad previa como el caso de F3 que es actividad previa a F4 y G3 en la pasada hacia atrás su TL será el mínimo tiempo IL entre F4 y G3 como se observa en la siguiente imagen 3.2. En la siguiente tabla se muestran los tiempos de todas las actividades con sus holguras.

Tabla3.2

Actividad	IC	TC	IL	TL	holgura	variación
A	0	15,5	0	15,5	0	1
B1	15,5	40,4	15,5	40,4	0	5,94710271
B2	40,4	49,4	50,9	59,8	10,4	0,76767076
B3	49,4	70,4	59,8	80,8	10,4	4,23946176
B4	70,4	79,3	116,7	125,6	46,3	0,76767076
C1	40,4	67,2	40,4	67,2	0	19,2686128
C2	67,2	76,8	71,2	80,8	4	2,48725325
C3	76,8	99,4	80,8	103,4	4	13,7358561
C4	99,4	108,8	125,6	135,2	26,4	2,48725325
D	15,5	46,8	121,1	152,4	105,6	14,0625
E	15,5	31,8	136,1	152,4	120,6	14,0625
F1	67,2	91,1	67,2	91,1	0	5,94710271
F2	91,1	99,7	94,8	103,4	3,7	0,76767076
F3	99,7	119,9	103,4	123,6	3,7	4,23946176
F4	119,9	128,5	135,2	143,8	15,3	0,76767076
G1	91,1	115	91,1	115	0	2,14095697
G2	115	123,6	115	123,6	0	0,27636147
G3	123,6	143,8	123,6	143,8	0	1,52620623
G4	143,8	152,4	143,8	152,4	0	0,27636147

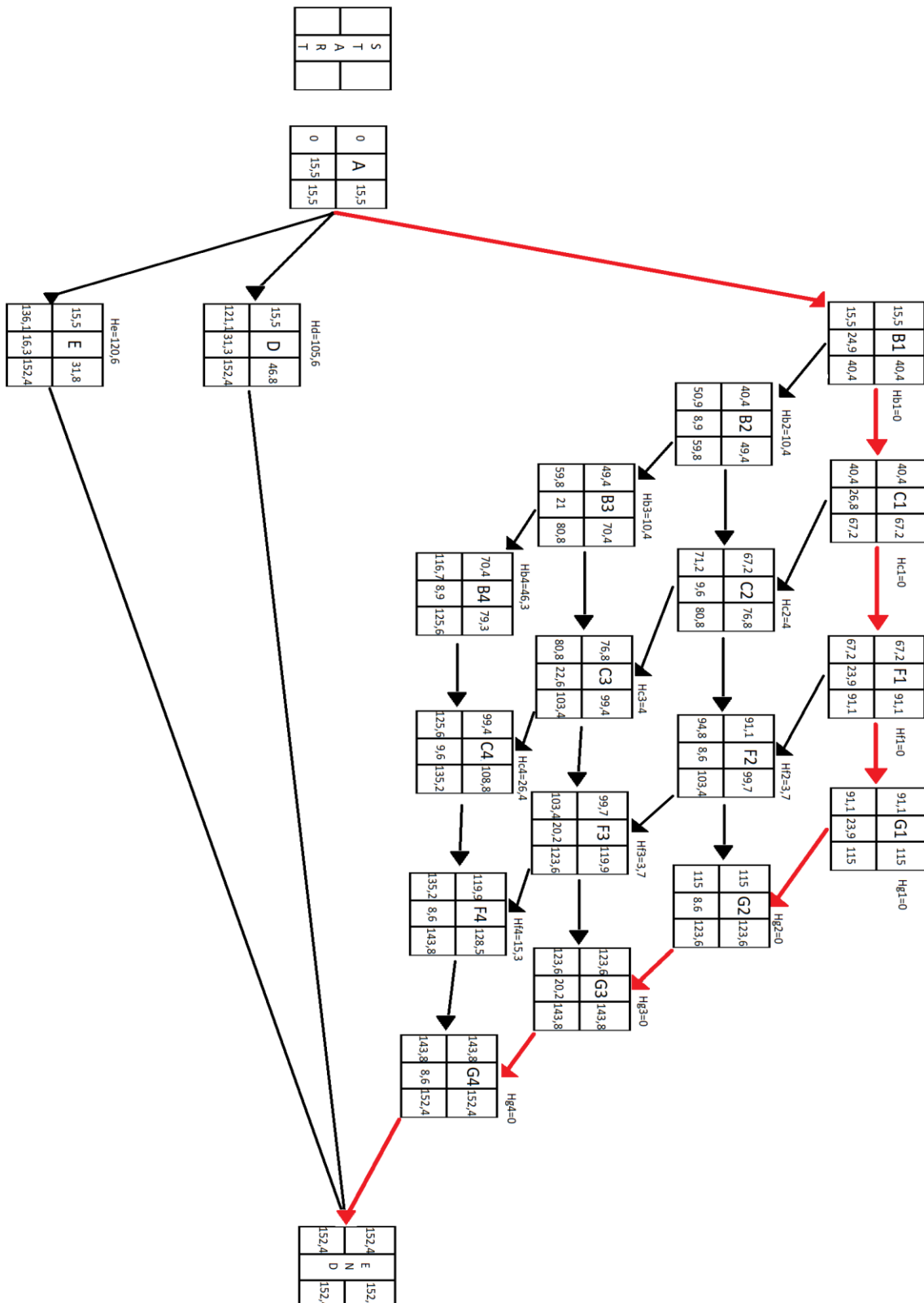


Imagen 3.2



La holgura calculada en la tabla 3.2. es la diferencia positiva entre TL y TC, mostrando el tiempo que podría retrasarse las actividad sin demorar el proyecto, las holguras igual a cero muestran la ruta crítica lo que significa que esas actividades no pueden retrasarse ya que afectarían al tiempo de entrega del proyecto según se explica en el libro previamente mencionados de Heizer & Barry. Que se muestra en el PERT 3.3.

PERT 3.3.



La varianza de todo el proyecto es la suma de las varianzas de la ruta crítica que aparecen en la tabla 3.2. que suman 36,39 días, en desviación típica son 6,03 días, estos cálculos nos indican cuanto puede retrasarse el proyecto y hay que contarlos a la hora de fijar un plazo de entrega ya que hay proyectos que tienen penalización por retraso de entrega, pero este no es el caso.

Según el análisis PERT 3.3. La ruta crítica son las actividades A, B1, C1, F1, G1, G2, G3 y G4. Son las actividades de holgura igual a cero y las cuales no se pueden retrasar porque son claves para el desarrollo del proyecto y hay que conseguir terminarlo a tiempo. Las actividades con holgura mayor a cero se podrían retrasar algo sin afectar al tiempo total pero no se pueden demorar demasiado porque afectaría al tiempo total.

Así que si queremos reducir el tiempo de entrega se tendrá que mejorar las actividades de la ruta crítica. Aunque reducir el tiempo significa tener que aumentar el gasto, ya sea porque aumentamos la mano de obra o mejoramos la tecnología. Incluso se puede mostrar alguna alternativa que sea diferente pero el resultado sea el mismo, arreglar los desperfectos de la fachada.

Analizando las posibles mejoras con los directores de obra por actividades críticas, los andamios son los que son, poner un andamio más no agilizaría la actividad. En cuanto al picado de la fachada por las grietas la tecnología es la más eficiente y aumentar el número de operarios tampoco tendría efecto positivo ya que no sería eficiente y se estorbarían unos a otros, además los andamios tienen una capacidad máxima de personas que están trabajando siempre al máximo de capacidad. En cuanto al proceso de rellenar la fachada picada tampoco se podría mejorar porque es un proceso estandarizado y los operarios están limitados a las características del andamio. Por último la limpieza de fachada y pintado se utiliza la pistola a presión que es el sistema más ágil y eficiente para limpiar la fachada y la pintura tampoco hay forma de mejorar la forma de aplicar. Así que parece ser imposible mejorar el proceso de ejecución del proyecto.

La financiación de este proyecto se realizara a través de una derrama que como se muestra a continuación en las cuentas. Del presupuesto elegido por la comunidad de vecinos que es de 216.471,31 sin IVA que en este caso es el 10% y supone una factura total de 238.118,44€ que hay que repartir entre 198 viviendas, dato obtenido por el administrador de la finca, da una derrama por vecino de 1.202,62€ suponiendo que la comunidad de vecinos no tiene ningún tipo de ahorro previo.

Por otro lado una alternativa que puede resultar interesante sería realizar una reparación de fachada con el sistema SATE (Sistema de Aislamiento Térmico en Exterior) consiguiendo así una mejora energética, a priori es más caro que el proyecto anteriormente descrito pero tiene la ventaja de mejorar la fachada en cuanto a transmitancia energética como se explicara en el siguiente punto.

#### **4.- LA ALTERNATIVA EL SISTEMA SATE**

El sistema SATE consiste en crear una capa aislante externa que además cumple con el objetivo del proyecto de reparar la fachada. Este sistema quizá es más rápido, aunque es igual para toda la fachada indistintamente de si hay o no hay grieta, además se evita la impermeabilización y el limpiado de la fachada y repintarla. Aunque no se

evita la reparación del forjado de balcones, los trabajos verticales, ni los andamios y también habría que aplicar el proceso al patio interior. Con lo que habrá que explicar todo el proyecto.

El precio de esta alternativa es mucho más cara llegando a duplicarse o triplicarse, pero no habría que verlo como un gasto sino como una inversión ya que este sistema SATE aporta al edificio una mejora energética considerable, así en invierno y en verano consumirán menos energía para calentar o refrigerar las viviendas. Por eso hay que considerarlo como una inversión.

#### **4.1.-Desarrollo de la alternativa**

La alternativa es más rápida que el proyecto inicial, porque se aplica a toda la fachada, pero es más cara porque es una solución más innovadora y necesita de más materiales como veremos a continuación.

##### **4.1.1- Andamiaje y montaje de anclajes para trabajos verticales**

Como ya se ha explicado el andamiaje es esencial para este proyecto. En este caso se usaran tres andamios para hacer varios procesos consecutivos. Además de los trabajos verticales necesarios que necesitan el montaje de los anclajes en la azotea del edificio ya mencionados en el proyecto anterior.

##### **4.1.2.- Adhesivo y aislante**

Se aplica a la fachada actual un adhesivo y se pega el aislante que se ha elegido, entre los tres siguientes de los cuales vamos a comentar sus características.

- EPS poliestireno expandido: Según un documentos de la ANAPE (Asociación Nacional del Poliestileno Expandido) o común mente llamado corcho blanco está formado por un 98% de aire ocluido en un 2% de material. El aire en reposo es lo que le da esa gran capacidad de aislamiento tanto para el calor como para el frío. En cuanto a su resistencia al agua muestra una tasa de absorción muy baja. En cuanto a las temperaturas extremas puede soportar de forma continuada hasta 80°C y por el otro extremo su resistencia es casi ilimitada ya que solo se vería afectado por la contracción del material. Por último en cuanto a la resistencia ante factores atmosféricos el único punto débil es la exposición prolongada a los rayos UV que amarillea y debilitan el poliestileno dejando penetrar el viento y el agua erosionándolo, este punto débil no es relevante ya que este material no va a estar en contacto con los rayos UV. Este material es el más barato de los tres que se explican.
- XPS poliestireno extruido: Es bastante parecido al poliestileno expandido pero este puede estar lleno de aire o gas y el acabado es más liso que el expandido. Según la AIPEX (Asociación Ibérica de Productores de Extrusado) y la ficha técnica es un producto con alto poder aislante tanto en frío y calor, la resistencia térmica en calor aguanta solo los 70°C y en frío es casi ilimitada como el expandido. La resistencia al agua y filtraciones es ligeramente mayor que el expandido, también tiene como punto débil la prolongada exposición a los rayos UV y a las soldaduras ya que aunque es ignífugo, también los disolventes

aparecen como precauciones en la ficha técnica. Este aislante posee un precio intermedio no es ni el más caro, ni el más barato.

- Lana mineral MW: Este tipo de aislamiento es el que mejores características tiene, es altamente aislante e ignífugo porque es un mineral, resistencia al frío completamente ilimitada, otra ventaja en comparación con los dos anteriores es mejor aislante acústico, también se deteriora con los rayos UV. Aunque también es el más caro de los tres que se han explicado.

#### 4.1.3.- Perfiles

Los perfiles son listones de metal o plástico que se colocan en las esquinas y bordes del sistema SATE, su función es mecánica, es decir sujetar algo y evitar que se mueva, sujeta el aislante por debajo, lo protege por arriba y le da fuerza en las esquinas. En las esquinas deben llevar maya para ayudar también al solapamiento necesario que se explicara en el apartado 4.1.5.

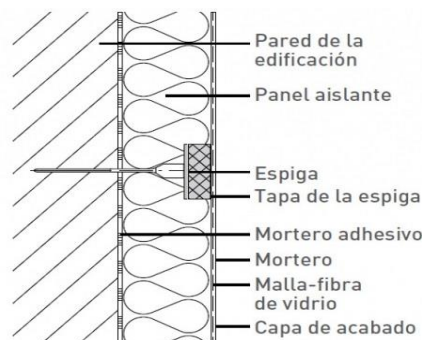
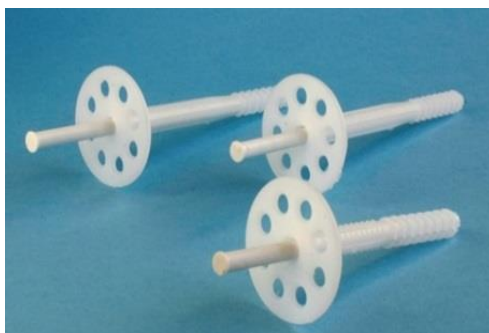


Distintos perfiles utilizados en esquinas de fachada, esquinas de ventanas y esquinas inferiores y superiores de la fachada, de izquierda a derecha

#### 4.1.4.- El anclaje mecánico

Es una especie de tornillos que ayudan a anclar mejor el aislante a la fachada, son de plástico y resistentes al fuego, dependiendo del grosor del aislante varía su longitud que esta entre 9 y 12 cm, aunque como norma general deben estar anclado a la pared como mínimo 4 cm es de uso obligatorio si la fachada mide más de 18 metros aunque su uso es siempre recomendable. Además el número de anclajes también varía de 4 a 14 por metro cuadrado, en función de las dimensiones de la fachada y los pesos que tengan que soportar. Según la ANFAPA (Asociación de Fabricantes de Morteros y SATE)

Ejemplo de anclajes mecánicos y explicación grafica de su posición



#### **4.1.5.- Capa base, malla y mortero de refuerzo.**

Esta parte del proyecto consiste en aplicar dos finas capas de mortero con una maya de refuerzo entre ambas que lo que van a conseguir es mantener las tensiones mecánicas (evitar movimientos de los materiales previamente puestos).

La primera capa se aplica directamente sobre el aislante y es de 2 mm aproximadamente, antes de que se seque esta capa se pone la maya presionando para que quede integrada en esta capa, además la malla se tiene que solapar 10 cm en las aristas. Una vez aplicada la capa base con la maya integrada se aplica la segunda base de mortero de refuerzo de otros dos milímetros creando una capa con maya de unos 4mm de grosor. Nunca se aplica directamente la maya al aislante. Según explica la ANFAPA.



Colocación de maya y solapamiento de 10cm

#### **4.1.6.- Mortero adhesivo, imprimación y capa de acabado.**

El mortero adhesivo es una fina capa cuyo objetivo es que las últimas capas tengan más consistencia y no se puedan desprender con el paso del tiempo. La capa de imprimación es la encargada de que la última capa sea más eficaz y aporta al conjunto de la fachada otra capa más de impermeabilidad, aunque es permeable al vapor. La capa de acabado es la capa que se va a ver desde fuera, su importancia principal es proteger de la radiación solar al resto del sistema SATE, las posibilidades de esta última capa son casi ilimitadas ya que es la parte más estética y se pueden elegir en varios acabados y colores al gusto del cliente.

#### **4.1.7.-Reforjado de balcones**

Las esquinas inferiores de algunos balcones están deterioradas por el paso del tiempo, los principales desperfectos que muestran son filtraciones de agua que provoca la corrosión del hierro. Todo ello con trabajos verticales que son los que se realizan colgados de la cornisa con cuerdas de escalada, todos los trabajos verticales se realizan en los patios interiores donde no se pueden colocar andamios tan fácilmente.

#### **4.2.- Presupuesto**

Esta forma de mejorar la fachada y conseguir el objetivo de reparar la fachada es más caro que el proyecto de picado y reparación de la misma. En comparación con el



presupuesto inicial no hay ningún tipo de estimación de metros ya que se conoce perfectamente que la superficie total de la fachada junto con el patio interior es de 11.000 m<sup>2</sup>, dato facilitado por los directores de obra ya mencionados Miguel Cervera Monzó y Joaquín Muñoz Sola. El sistema SATE cuesta con el aislante más barato 48€/m<sup>2</sup>. Según los delegados del grupo IVAS en Aragón Enrique Zaro Jiménez y Miguel Cervera Monzó.

El acabado elegido que se ofrece es uno casi idéntico al que tenían puesto en la fachada original, blanco y rugoso. En cuanto al aislamiento lo normal es colocar 6cm aun que puede ser superior o inferior en función de los deseos del cliente pero en el presupuesto el grosor será de 6cm de aislante. Al no conocer cuáles son las preferencias del aislante se ofertara el más barato, el EPS ya que según ha comentado el administrador de la finca la comunidad de vecinos está buscando la opción más barata en todo momento.

Las partidas del presupuesto son las siguientes:

- Andamio de paso: 1.150€ es un andamio que protege a los usuarios de vía pública.
- Instalación para trabajos verticales: 880€ instalación y desinstalación de puntos de anclaje con forme a la normativa vigente.
- Andamio eléctrico de cremallera: 42.825€
- Reparación de balcones: 7.084,80€
- Sistema SATE: 528.000€ = 11.000m<sup>2</sup> \* 48€/m<sup>2</sup>
- Gestión de residuos: 1.390€
- Seguridad y salud: 1.520€

Esto hace un presupuesto de 582.849,8€ sin IVA lo que supone que es 2.69 veces el presupuesto inicial, pero como ya se ha mencionado antes no hay que verlo como un gasto superior sino como una inversión para el ahorro de energía, que posteriormente se realizará un estudio de este efecto.

#### 4.3.- Análisis PERT de la alternativa

A continuación se realizará en análisis PERT anteriormente explicado con la alternativa del sistema SATE. Los pasos a seguir son los mismos que se han seguido con el proyecto de reparación de fachada, tabla de actividades y sus actividades precedentes, tabla de tiempos optimistas, pesimistas y más probables, tiempo medio y varianza y por último el esquema PERT con los tiempos, IC, TC, TL, IC y las holguras de cada actividad.

Actividad	descripción	precedente
A	Andamiaje	-
B	Reforjado de balcones interiores	A
C1	Adhesivo, aislamiento y anclaje mecánico Sur	A
C2	Adhesivo, aislamiento y anclaje mecánico Este	C1
C3	Adhesivo, aislamiento y anclaje mecánico Norte	C2
C4	Adhesivo, aislamiento y anclaje mecánico Oeste	C3
C5	Adhesivo, aislamiento y anclaje mecánico patio interior	B
D1	Capa base, malla y mortero Sur	C1

D2	Capa base, malla y mortero Este	C2,D1
D3	Capa base, malla y mortero Norte	C3,D2
D4	Capa base, malla y mortero Oeste	C4,D3
D5	Capa base, malla y mortero patio interior	C5
E1	Mortero adhesivo, imprimación y capa final Sur	D1
E2	Mortero adhesivo, imprimación y capa final Este	D2,E1
E3	Mortero adhesivo, imprimación y capa final Norte	D3,E2
E4	Mortero adhesivo, imprimación y capa final oeste	D4,E3
E5	Mortero adhesivo, imprimación y capa final patio interior	D5

Tabla4.3.0

Con el sistema SATE el orden de sucesión de actividades tiene que ver también con los andamios que tienen cada uno una actividad asignada, por eso hasta que un andamio no acaba una fachada no empieza la siguiente fachada por ejemplo C2 no puede empezar hasta que no acaba C1 y C3 no puede empezar hasta que acaba C2 y así para el resto de actividades. Y el segundo criterio que marca el orden de actividades precedentes viene dado por el orden lógico del proceso D1 no puede empezar si no acaba C1 y E1 no puede empezar si no acaba D1. Esto se aplica a todo el proyecto menos a las actividades C5, D5 y E5 que no dependen de andamios sino de los trabajos verticales y de los forjados de los balcones. La media está calculada con la misma fórmula que el apartado 3.1.

$$Tiempo\ medio = \frac{(optimista + 4 * mas\ probable + pesimista)}{6}$$

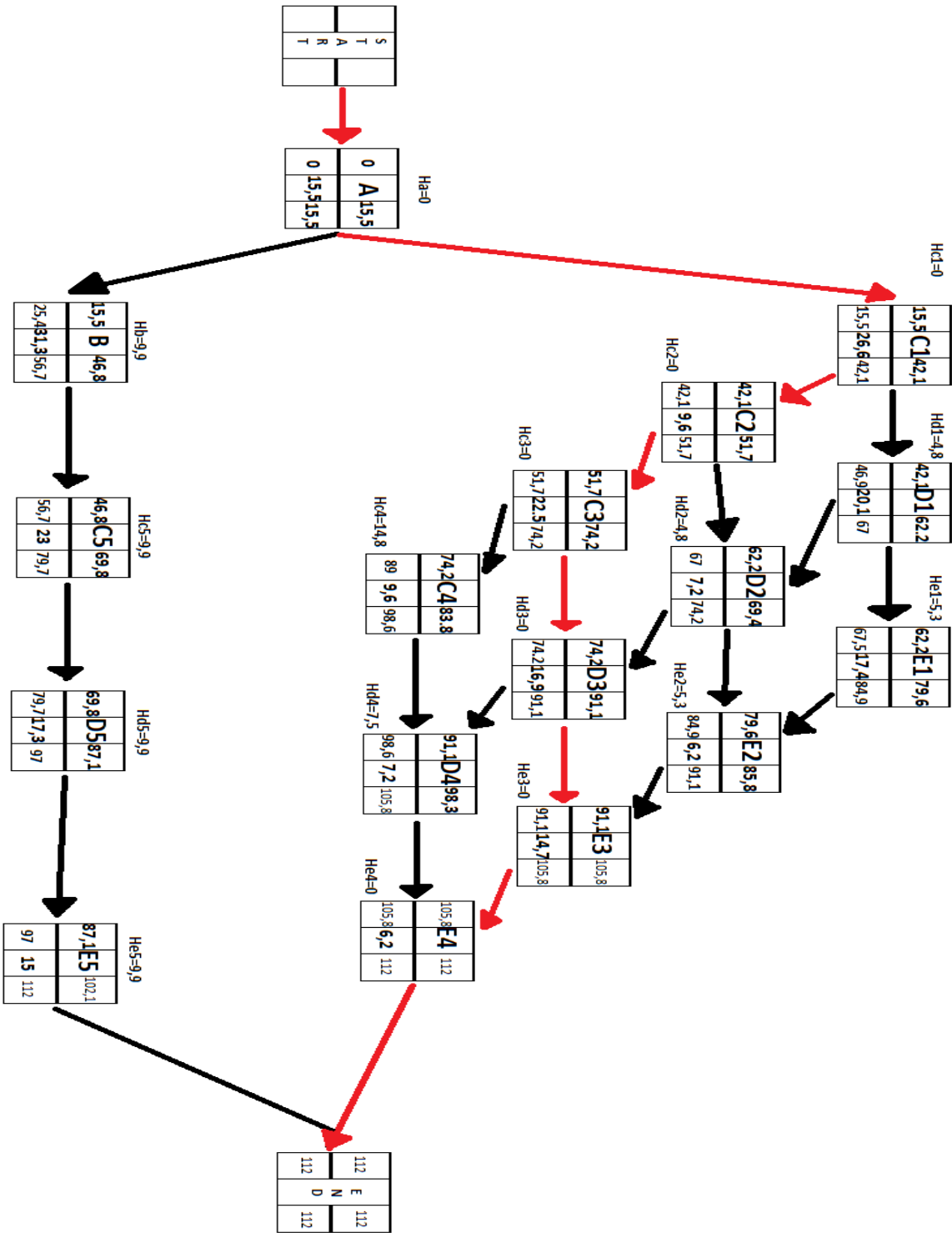
$$Varianza = \frac{(pesimista - optimista)^2}{6^2}$$

Actividad	optimista	más probable	pesimista	Tiempo medio	Varianza
A	13,5	15,0	19,5	15,5	1,00
B	22,5	30,0	45,0	31,3	14,06
C1	24,1	26,3	30,7	26,6	1,20
C2	8,7	9,4	11,0	9,6	0,15
C3	20,3	22,2	25,9	22,5	0,85
C4	8,7	9,4	11,0	9,6	0,15
C5	20,8	22,7	26,4	23,0	0,89
D1	17,5	19,7	24,1	20,1	1,20
D2	6,3	7,1	8,7	7,2	0,15
D3	14,8	16,6	20,3	16,9	0,85
D4	6,3	7,1	8,7	7,2	0,15
D5	15,1	17,0	20,8	17,3	0,89
E1	15,3	17,5	18,8	17,4	0,34
E2	5,5	6,3	6,8	6,2	0,04
E3	12,9	14,8	15,9	14,7	0,24
E4	5,5	6,3	6,8	6,2	0,04
E5	13,2	15,1	16,2	15,0	0,25

Tabla4.3.1

Los tiempos también han sido estimados por el ingeniero Miguel Cervera Monzó. Se observa como este proceso es más rápido que el proyecto anterior, siendo el tiempo del proyecto si se realizan una actividad detrás de otra de 266,25 días. 51,75 días menos que el mismo tiempo calculado en el proyecto inicial. Pero como ya se ha comentado las actividades se pueden realizar a la vez y reducir el tiempo del proyecto que es lo que muestra el análisis PERT.

A continuación se realizará el análisis PERT del sistema SATE.



La alternativa al proyecto inicial tiene un proceso completo de 112 días o 3,73 meses este proyecto es 40,4 días más corto lo que supone una ventaja en cuanto a tiempo. El análisis PERT completo muestra la ruta crítica en rojo que son las actividades A, C1, C2, C3, D3, E3 y E4 que son las actividades que no pueden retrasarse sin que se demore el proyecto total. Además ya conocida la ruta crítica se puede calcular la varianza en la tabla que aparece a continuación.

Actividad	IC	TC	IL	TL	Holgura	Varianza
A	0	15,5	0	15,5	0	1,00
B	15,5	46,8	25,4	56,7	9,9	14,06
C1	15,5	42,1	15,5	42,1	0	1,20
C2	42,1	51,7	42,1	51,7	0	0,15
C3	51,7	74,2	51,7	74,2	0	0,85
C4	74,2	83,8	89	98,6	14,8	0,15
C5	46,8	69,8	56,7	79,7	9,9	0,89
D1	42,1	62,2	46,9	67	4,8	1,20
D2	62,2	69,4	67	74,2	4,8	0,15
D3	74,2	91,1	74,2	91,1	0	0,85
D4	91,1	98,3	98,6	105,8	7,5	0,15
D5	69,8	87,9	79,7	97	9,1	0,89
E1	62,2	79,6	67,5	84,9	5,3	0,34
E2	79,6	85,8	84,9	91,1	5,3	0,04
E3	91,1	105,8	91,1	105,8	0	0,24
E4	105,8	112	105,8	112	0	0,04
E5	87,1	102,1	97	112	9,9	0,25

Tabla 4.3.2

La varianza de todo este proyecto es de 4,35 días que es la suma de todas las varianzas de la ruta crítica.

#### 4.4.- Financiación del proyecto.

La financiación será completa, para calcular el tipo de interés se han buscado diferentes fuentes de financiación privada. El tipo de interés se tomara el TAE (Tasa Anual Efectiva) ya que este porcentaje tiene en cuenta todos los gastos derivados de pedir un préstamo. Las tres entidades bancarias que nos ofrecen información sobre la financiación del proyecto son BBVA, el Santander y Bankinter. Como la cantidad requerida es bastante alta las estimaciones e hacen respecto a la solicitud de una hipoteca por valor de 575.765€, con IVA son 641.134,78€ con un periodo de amortización de 10 años según el método francés (de cuota constante).

Según estas condiciones el TAE fijo que nos ofrecen los bancos es el siguiente:

- Santander: 2,97%
- BBVA: 2,74%
- Bankinter: 2,87%

La media de estos tres bancos es 2,86% que va a ser la utilizaremos como interés para realizar el estudio del préstamo y la inversión y como afecta posteriormente a las cuotas de los vecinos.

préstamo	641.134,78€	C <sub>0</sub>
tipo de interés	0,0286	i
número de vecinos	198	
años de devolución	10	n
ahorro energético	49500€	55% del consumo actual que es de 90000€

Tabla 4.4.

Esta es la tabla de amortización:

La cuota anual que tiene que pagar la comunidad es de 74.624,54 € que surge de la formula

$$pago = \frac{C_0 * i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

Y el interés se calcula siempre del capital pendiente de pago. Y cada año lo que se resta es la amortización. En total pagan 74.624,54€ anuales de los cuales hay una parte que € son intereses y otra es la amortización del préstamo como se muestra en la tabla 4.4.1

año	pago	amortización	interés	capital pendiente
0				641.134,78€
1	74.624,54€	56.288,08€	18.336,45€	584.846,70€
2	74.624,54€	57.897,92€	16.726,62€	526.948,78€
3	74.624,54€	59.553,80€	15.070,74€	467.394,98€
4	74.624,54€	61.257,04€	13.367,50€	406.137,94€
5	74.624,54€	63.008,99€	11.615,55€	343.128,95€
6	74.624,54€	64.811,05€	98.13,49€	278.317,90€
7	74.624,54€	66.664,64€	79.59,89€	211.653,26€
8	74.624,54€	68.571,25€	60.53,28€	143.082,01€
9	74.624,54€	70.532,39€	40.92,15€	72.549,62€
10	74.624,54€	72.549,62€	20.74,92€	0,00€
total	746.245,35€	641.134,78€	105.110,57€	

Tabla 4.4.1

La siguiente tabla 4.4.2. muestra cómo afecta este préstamo a las cuotas de la comunidad de vecino y muestra el ahorro energético. Con el nuevo sistema consiguen ahorrar el 55% de 90.000€ de gasto actual en calefacción (dato facilitado por el administrador de la finca pero no se puede demostrar debido a la ley de protección de datos) con lo que es dinero que no pagan en gas y pueden utilizar para pagar el préstamo. 74.624,54€ de préstamo anual menos el ahorro de 49.500€ supone que tienen que pagar 25.124€ el primer año, que repartido entre las 198 viviendas muestra un aumento de la cuota de vecinos en 126.89€ el primer año, lo que al mes cuesta 10,57€ al mes el primer año. Estas cuentas no tienen en cuenta el ahorro en electricidad de los aires acondicionados ya que no todos los vecinos disponen de este electrodoméstico, pero si la inflación en el precio del combustible durante esos diez años estimado una inflación moderada del 1,5% anual lo que hace reducir la cuota a pagar mensualmente teniendo que pagar el último año una cuota mensual de 7,59€ ya que la amortización es constante y aumenta el ahorro en combustible debido a la inflación.

<b>año</b>	<b>pago</b>	<b>ahorro en calefacción</b>	<b>pago - ahorro</b>	<b>incremento de la cuota anual</b>	<b>mensual</b>
0					
1	74.624,54€	49.500,00€	25.124,54€	126,89€	10,57€
2	74.624,54€	50.242,50€	24.382,04€	123,14€	10,26€
3	74.624,54€	50.996,14€	23.628,40€	119,34€	9,94€
4	74.624,54€	51.761,08€	22.863,46€	115,47€	9,62€
5	74.624,54€	52.537,50€	22.087,04€	111,55€	9,30€
6	74.624,54€	53.325,56€	21.298,98€	107,57€	8,96€
7	74.624,54€	54.125,44€	20.499,09€	103,53€	8,63€
8	74.624,54€	54.937,32€	19.687,21€	99,43€	8,29€
9	74.624,54€	55.761,38€	18.863,15€	95,27€	7,94€
10	74.624,54€	56.597,80€	18.026,73€	91,04€	7,59€

Tabla 4.4.2

Una vez amortizado el préstamo la comunidad puede reducir las cuotas no solo porque ya no tienen que pagar el préstamo sino porque deja de gastar el 55% del combustible anual, así que se podrán bajar las cuotas de forma significativa, otra opción es situar la cuota de vecinos a niveles de 2017 y el ahorro en calefacción reorientarlo hacia otro tipo de inversiones como futuras reformas en las zonas comunes, reparaciones futuras que no necesitaran una derrama porque habrá unas reservas importantes o incluso invertir en comprar algún bajo del edificio y obtener rentas del arrendamiento de dicho local.

## 5.- Conclusiones

El proyecto de reparación de la fachada tiene dos posibilidades, la primera que es simplemente una limpieza de cara de la fachada, de forma que el dinero gastado es simplemente un gasto que va a dejar la fachada igual que antes, es un proyecto para propietarios que se fijan simplemente en el precio del proyecto y lo único que ven es el corto plazo. La segunda posibilidad es una inversión para la comunidad, es bastante más cara pero el beneficio a largo plazo se demuestra a través del ahorro en calefacción.

La recomendación sobre cual elegir depende del coste principalmente. Es en lo que se fija la mayoría de personas. Por eso es muy probable que elijan el presupuesto más económico. Aunque si es una comunidad de vecinos innovadora y con percepción del largo plazo la inversión en el sistema SATE sería lo más inteligente.



## Bibliografía

Obra menor: [http://www.zaragoza.es/ciudad/encasa/detalle\\_Tramite?id=3311](http://www.zaragoza.es/ciudad/encasa/detalle_Tramite?id=3311)

Obra mayor: [https://www.zaragoza.es/ciudad/encasa/detalle\\_Tramite?id=5116](https://www.zaragoza.es/ciudad/encasa/detalle_Tramite?id=5116)

Ficha técnica del EPS poliestireno expandido según la ANAPE:

<http://www.anape.es/pdf/ficha73.pdf>

Ficha técnica del XPS poliestireno extruido:

[https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/12-10-](https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/12-10-04_Jornada%20sobre%20Materiales%20Aislantes%20y%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica%20en%20los%20Edificios/Poliestireno-extruido-AIPEX-fenercom-2012)

[04\\_Jornada%20sobre%20Materiales%20Aislantes%20y%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica%20en%20los%20Edificios/Poliestireno-extruido-AIPEX-fenercom-2012](https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/12-10-04_Jornada%20sobre%20Materiales%20Aislantes%20y%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica%20en%20los%20Edificios/Poliestireno-extruido-AIPEX-fenercom-2012)

Características del aislamiento lana de roca: <http://cymasanpascual.cl/wp-content/uploads/2014/05/modificado-triaptico-aislan-lana-mineral.pdf>

Explicación del anclaje y las imágenes: <http://www.anfapa.com/es/sate/274/anclaje/1>

Explicación de la capa base, maya y mortero de refuerzo:

<http://www.anfapa.com/es/sate/288/aplicacion-de-capa-base-con-armadura/1>

Sistema de amortización francés: <https://blogs.udima.es/administracion-y-direccion-de-empresas/amortizacion-con-terminos-amortizativos-constant-metodo-frances-i-p27-hm/>

Interes del BBVA: <https://www.bbva.es/particulares/hipotecas-prestamos/hipotecas/simulador-hipoteca.jsp>

Interes del Santander:

<https://www.bancosantander.es/es/particulares/hipotecas/simulador>

Interes del Bankinter: <https://www.bankinter.com/banca/hipotecas-prestamos/hipotecas/hipoteca-fija>

Libro de Heizer & Render (2009) *Principios de administración de operaciones*, Pearson Education, Mexico

The screenshot shows the Bankinter website's mortgage section. At the top, there's a navigation bar with 'bk.' logo and links for 'Cuentas y Tarjetas', 'Ahorro e Inversión', 'Hipotecas y Préstamos' (highlighted), and 'Seguros'. There are also buttons for 'HAZTE CLIENTE' and 'ACCESO CLIENTES'. Below the navigation bar, the main heading is 'HIPOTECAS CÁ PRÉSTAMOS'. The content area features a large text block on the left: 'La hipoteca que te da la tranquilidad de pagar siempre lo mismo.' To the right of this text is a list of mortgage options with their respective TAE (Tasa Anual Efectiva) rates: 'Hasta 10 años: 1,65% anual <sup>1</sup> TAE desde 2,87%', 'Hasta 15 años: 2,00% anual <sup>2</sup> TAE desde 3,04%', 'Hasta 20 años: 2,20% anual <sup>3</sup> TAE desde 3,13%', 'Hasta 25 años: 2,30% anual <sup>4</sup> TAE desde 3,16%', and 'Hasta 30 años: 2,35% anual <sup>5</sup> TAE desde 3,16%'. To the right of this list is another text block: 'La hipoteca más sencilla. Una cuota fija durante toda la vida del préstamo. Con una hipoteca a tipo fijo tendrás la tranquilidad de pagar siempre lo mismo.' Below this text is an orange button that says 'SOLICITAR OFERTA PERSONALIZADA'.

Plazo	TAE
Hasta 10 años	1,65% anual <sup>1</sup> TAE desde 2,87%
Hasta 15 años	2,00% anual <sup>2</sup> TAE desde 3,04%
Hasta 20 años	2,20% anual <sup>3</sup> TAE desde 3,13%
Hasta 25 años	2,30% anual <sup>4</sup> TAE desde 3,16%
Hasta 30 años	2,35% anual <sup>5</sup> TAE desde 3,16%

bankinter

Cálculo realizado para:

- **Vivienda habitual** - **1 titular**  
- **Zaragoza** - Ingresos mensuales: - Gastos otros préstamos: **90.000 €**  
**1.000.000 €**

[Modificar datos](#)

### Calcula tu cuota

	Valor compraventa		<input type="range" value="720.000"/>	720.000 €
			7.500 € 1.000.000 €	
	Valor tasación vivienda		<input type="range" value="725.000"/>	725.000 €
			7.500 € 1.000.000 €	
	Importe hipoteca		<input type="range" value="576.000"/>	576.000 €
			6.000 € 1.000.000 €	
	Plazo hipoteca		<input type="range" value="10"/>	10 años
			5 años 30 años	
	Tipo de vivienda		Vivienda nueva	
				<b>Continuar</b>

1. Introduce tus datos

**2. Resultados de tu simulación**

Estudio de preautorización

#### Cuota mensual primer año (Hipoteca Fija)

5.210,18€

Tipo de Interés Nominal Anual: 1,65% ([cumpliendo condiciones](#))

[¿Quieres conocer tu cuota con la Hipoteca Variable?](#)

#### Resto de cuotas (Hipoteca Fija)

5.210,18€

Tipo de interés: 1,65% ([cumpliendo condiciones](#))

TAE [¿Cómo se calcula?](#)

2,97%

Comisión de apertura (1,00%)

5.760,00€

**[Consulta aquí la información sobre la HIPOTECA SANTANDER TIPO FIJO DESDE 5 AÑOS Y HASTA 15 AÑOS](#)**

Resumen de gastos

Descargar informe

Envíate el informe por e-mail

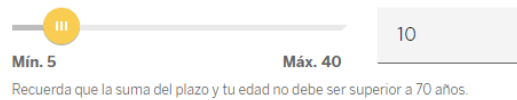
Simulador de hipoteca

### Calcula tu cuota (Estos precios son aproximados)

¿Cuánto dinero necesitas?



¿A cuantos años quieres pedir la hipoteca?



[Anterior](#)

#### Hipoteca fija

Cuota fija mensual  
todos los años

5.311<sup>03</sup> €

Tu cuota mensual será  
siempre la misma, sin  
subidas ni sorpresas.

TIN desde: 2,05 %

TAE desde: 2,74 %

[Solicitar estudio  
personalizado](#)

[Ver condiciones TAE](#)

#### Hipoteca variable

Cuota fija mensual  
el primer año

5.321<sup>37</sup> €  
2,09 %  
TIN:

Cuota mensual variable  
el resto de años

5.047<sup>79</sup> €

Cálculo realizado con  
Euribor constante

Desde EURÍBOR +1,09 %

TAE Vble desde: 1.88 %

[Solicitar estudio  
personalizado](#)

[Ver condiciones TAE](#)

Banco BBVA